

LASER SYSTEM

Patent number: JP2003163400
Publication date: 2003-06-06
Inventor: MORIYA NAOJI; IHARA MASAHIRO
Applicant: SHIMADZU CORP
Classification:
- international: G02F1/37; H01S3/131; H01S3/137; G02F1/35;
H01S3/13; H01S3/131; (IPC1-7): H01S3/131; G02F1/37;
H01S3/137
- european:
Application number: JP20010360269 20011127
Priority number(s): JP20010360269 20011127

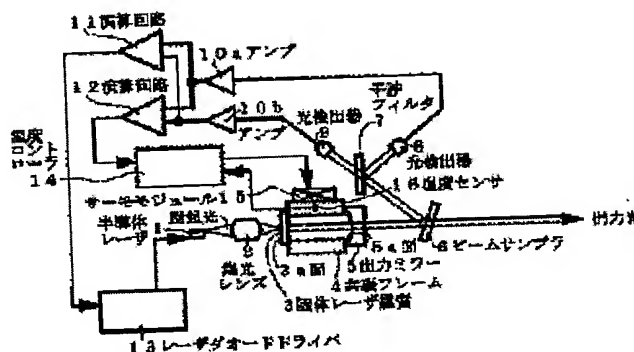
Report a data error here

Abstract of JP2003163400

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser system which can stably supply a laser output by suppressing the shift quantity in oscillation wavelength due to temperature variation and is small-sized and easy to handle.

SOLUTION: A solid laser medium 3 emits a laser beam by the stimulation light of a semiconductor laser 1 and surfaces 3a and 5a serve as a resonator to carry out laser oscillation. Part of the output light is sampled by a beam sampler 6 and split into two pieces of luminous flux which are transmitted beam and reflected beam by an interference filter 7 having a large transmissivity in a center oscillation wavelength range $[\lambda] \pm [\Delta\lambda]$, and they are inputted to optical detectors 8 and 9, whose signals are inputted to arithmetic circuits 11 and 12. Their output signals are fed back to control the driving of the semiconductor laser 1, thereby stabilizing the laser output. The effective resonator length of an optical element and a resonance frame 4 is controlled by controlling the temperature control mechanism for the resonator to stabilize the laser output while the oscillation wavelength shift is eliminated.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

2006/02/23

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-163400
(P2003-163400A)

(43) 公開日 平成15年6月6日 (2003.6.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 S 3/131		H 0 1 S 3/131	2 K 0 0 2
G 0 2 F 1/37		G 0 2 F 1/37	5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/137		H 0 1 S 3/137	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-360269 (P2001-360269)

(22) 出願日 平成13年11月27日 (2001.11.27)

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 森谷 直司

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内

(72) 発明者 井原 正博

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内

(74) 代理人 100098671

弁理士 喜多 俊文 (外1名)

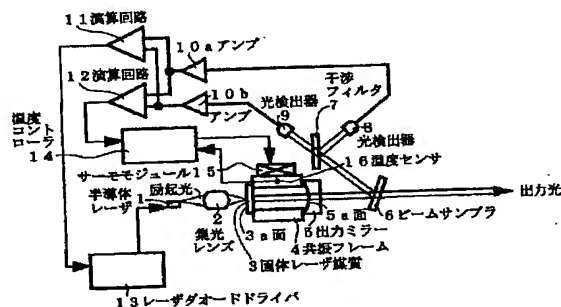
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 温度変化による発振波長のシフト量を抑制し、レーザ出力を安定させて供給でき、且つ、小型で取扱い易いレーザ装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ1の励起光により固体レーザ媒質3がレーザ光を発し、面3aと面5a間が共振器となってレーザ発振する。出力光の一部がビームサンプラ6によってサンプリングされ、中心発振波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな干渉フィルタ7によって透過光と反射光の2光束に分離され、光検出器8、9に入力され、その信号が演算回路11、12に入力される。そして、その出力信号が帰還されて、半導体レーザ1の駆動を制御し、レーザ出力を安定化する。又、共振器の温度調整機構を制御し光学素子及び共振フレーム4の実効的共振器長を制御し、発振波長のシフトがないように安定化される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】励起光によりレーザ媒質が励起されレーザ共振器内でレーザ発振するレーザ装置において、前記レーザ共振器から発振される出力光の一部をサンプリングするビームサンブラと、サンプリングした出力光をレーザ媒質で発振可能な波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスフィルタで透過と反射させ2光束に分離する干渉フィルタと、分離された光束の強度を検出する2つの光検出器と、その光検出器からの両信号から演算して制御信号を出力する演算回路とを設け、その制御信号によってレーザ出力またはレーザ出力と発振波長の安定制御を行うことができるようにしたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】請求項1記載のレーザ装置において、前記共振器の共振器長に影響を与える構造体に温度制御機構を設け、前記制御信号によって温度制御機構を制御することにより温度変化による実効的な共振器長変化に伴う波長シフトを抑制あるいは阻止するようにしたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項3】請求項1記載のレーザ装置において、前記共振器内にレーザ光を透過し共振器長に影響を与える電気光学効果を有する透過型構造体を設け、その透過型構造体に印加する電圧を前記制御信号で制御することにより共振器長を制御し発振波長を安定化することを特徴とするレーザ装置。

【請求項4】請求項1、請求項2、または請求項3記載のレーザ装置において、前記共振器内または共振器外に非線形光学結晶の波長変換素子を設け、安定して高調波を発振できるようにしたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項5】請求項1、請求項2、または請求項3記載のレーザ装置において、前記共振器内にレーザ光を透過し共振器長に影響を与える波長変換素子が温度制御機構と共にまたは電気光学効果をもつ透過型構造体として設けられ、前記制御信号によってその温度または電圧印加を制御することにより波長変換素子の実効的な共振器長を制御し、安定して高調波を発振できるようにしたことを特徴とするレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ装置に係わり、特に、半導体レーザ励起によるレーザ媒質を用いた内部共振型のレーザ出力、または、レーザ出力と発振波長の安定制御を行うレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】固体レーザの高効率化を実現する手法として励起光源に半導体レーザ(LD)を用いる方法が普及している。LDを用いることによって、固体レーザ結晶の吸収ピークを効率的に励起することが可能であり、さらにLD自体の電流-光出力効率が高いため、余分なエネルギーを必要としないなどの利点がある。半導体レ

ーザ(LD)励起固体レーザ装置はその特徴である低電力、小型、長寿命、取扱いのし易さなどにより、研究用はもちろん工業的にも多く用いられている。図5に従来のLD励起固体レーザ装置を示す。ここでは青色レーザを実現するために、半導体レーザ21(LD)と、固体レーザ媒質23としてNd:YAG結晶と、波長変換用の非線形光学結晶27としてKNbO₃(KN)とを用いたLD励起固体レーザ装置について説明する。この装置では、半導体レーザ21から出力された励起光(809nm)が、集光レンズ22を通過し、固体レーザ媒質23(Nd:YAG結晶)に集光される。そして、固体レーザ媒質23(Nd:YAG結晶)から出力された基本波(946nm)は、固体レーザ媒質23の面23aと出力ミラー25の面25aの凹面に、基本波(946nm)に対して高反射コーティングが施されて構成された共振器内に閉じこめられレーザ発振に至る。この共振器内に波長変換用の非線形光学結晶27(KNbO₃(KN))を挿入することにより、基本波(946nm)が、波長変換用のKN結晶から第2高調波(473nm)を誘発する。出力ミラー25は、基本波(946nm)を反射し、第2高調波(473nm)を透過するようにコーティングが施されており、波長変換用のKNbO₃(KN)からの第2高調波(473nm)は、出力ミラー25を透過し外部に出力される。そして、エタロン30は、共振器内の第2高調波発生の際に縦モード競合によって引き起こされる出力不能やモードホップ等のノイズ等の発生を抑えるために、挿入されて発振縦モードを単一波長化している。

【0003】上記のように、非線形光学結晶27(KNbO₃(KN))を用いた第2高調波による可視光レーザの研究・開発は盛んに行われている。その中で、レーザ出力を安定化させる要望が多くなっている。通常、内部共振器型の第2高調波の発生においては縦モード競合やモードホップ等によるノイズ等が発生する。その発生を抑えるために、最も簡易な方法として、共振器内にエタロン30を挿入し発振縦モード単一化(単一波長化)する方法が古くから試みられている。共振器内にエタロン30を挿入して使う場合、その厚さの設計では、固体レーザ媒質23(Nd:YAG結晶)のゲイン幅や共振器により決定される縦モード間隔を考慮する必要がある。最適化されたエタロン30は、その透過ピーク位置が移動しない様に、エタロン30の温度が一定に保たれる。しかし、エタロン30のみを温度調整してもレーザ共振器が置かれている環境温度変化や、レーザ共振器に用いられた光学素子等が、励起光あるいはレーザ発振を起しているレーザ光(基本波)などにより、何らかの形で温度変化を起し、実効的な共振器長が変化する。この実効的な共振器長の変化はレーザ発振波長のシフトを意味し、レーザ発振波長が変化するれば、エタロン30の透過ピーク位置に対して移動することとなり、温度

を一定に保ったエタロン 30 の透過ピークとレーザ発振波長にズレを生じ、安定な低ノイズでのレーザ発振を行う事が出来なくなり、最悪の場合モードホップやノイズが発生する。そのため、図 5 に示すように、一体型の共振器になるように、基準板 31 にホルダ 29 とホルダ 24 を固定し、ホルダ 24 に固体レーザ媒質 23 (Nd:YAG 結晶)、非線形光学結晶 27 (KNbO₃ (K N))、エタロン 30、出力ミラー 25 を接着し、ホルダ 29 に半導体レーザ 21、集光レンズ 22 を固定し、励起部及び共振部で発熱した熱を、基準板 31 を介して、電子冷却素子のペルチェ素子 32 で冷却し、ヒートシンク 33 で放散する方法が用いられている。また、単一縦モードを維持するため、レーザ共振器外において、出力ミラー 25 側より漏れてくる基本波の縦モードをモニターしながらその信号をフィードバックし、出力ミラー 25 の位置を圧電素子等により制御することで共振器長の調整を行い、エタロン 30 の透過ピークとレーザ発振波長を同調していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザ装置は以上のように構成されているが、通常、モードロックを行わないレーザ装置では、波長変化を検出してモニターする機構を備えていないので、発振波長を安定させることがない。環境などの温度変化による共振器ブロックの伸縮、励起光や発振した基本波による発熱によって、光学部品が伸縮し、固体レーザ媒質 23 (Nd:YAG 結晶) の実効的作用長の変化に加え、ホルダ 24 の伸縮による出力ミラー 25 の面 25a の移動などによって、共振器長の実効的作用長が変化する。そのため、レーザ発振波長がシフトし、安定した低ノイズでのレーザ発振を行うことができないという問題がある。一般的な半導体レーザ 21 の励起による波長変換の固体レーザ媒質 23 では、励起用の半導体レーザ 21 の出力を制御することで、固体レーザ媒質 23 からの出力の安定化を図るが、励起入力の変化に伴い固体レーザ媒質 23 の温度が変化することで、発振波長が変化する。しかしながら、波長変換素子の固体レーザ媒質 23 は基本波波長が変化することで変換効率が変化し、最終的に励起入力を向上させてもレーザ出力が低下していくなど、温度などの使用環境が狭くなるという問題がある。一方、共振器外部に縦モードの検出器を設け、その信号をフィードバックしてレーザ発振波長を安定させるシステムがあるが、レーザ共振器より外に、縦モード測定用の装置（例えば、ファブリー・ペロー干渉計）と、その信号をフィードバックする回路、また、その信号により出力ミラー 25 の位置を駆動する圧電素子、およびその駆動回路など大きな測定装置および制御系が必要となる。これは LD 励起固体レーザの特徴である扱い易さや小型と言った利点を損ねることになる。

【0005】本発明は、このような事情に鑑みてなされ

たものであって、環境温度変化や、励起光あるいはレーザ基本波などによる光学素子の発熱による、共振器ブロックや光学素子の構成部品の伸縮によって、そのレーザ発振波長がシフトしないように制御して、レーザ出力を安定して供給でき、且つ、小型で取扱い易いレーザ装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のレーザ装置は、励起光によりレーザ媒質が励起されレーザ共振器内でレーザ発振するレーザ装置において、前記レーザ共振器から発振される出力光の一部をサンプリングするビームサンブラと、サンプリングした出力光をレーザ媒質で発振可能な波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスフィルタで透過と反射させ 2 光束に分離する干渉フィルタと、分離された光束の強度を検出する 2 つの光検出器と、その光検出器からの両信号から演算して制御信号を出力する演算回路とを設け、その制御信号によってレーザ出力またはレーザ出力と発振波長の安定制御を行うことができるようにしたものである。

【0007】また、本発明のレーザ装置は、前記共振器の共振器長に影響を与える構造体に温度制御機構を設け、前記制御信号によって温度制御機構を制御することにより温度変化による実効的な共振器長変化に伴う波長シフトを抑制あるいは阻止するようにしたものである。

【0008】また、本発明のレーザ装置は、前記共振器内にレーザ光を透過し共振器長に影響を与える電気光学効果を有する透過型構造体を設け、その透過型構造体に印加する電圧を前記制御信号で制御することにより共振器長を制御し発振波長を安定化するものである。

【0009】また、本発明のレーザ装置は、前記共振器内または共振器外に非線形光学結晶の波長変換素子を設け、安定して高調波を発振できるようにしたものである。

【0010】また、本発明のレーザ装置は、前記共振器内にレーザ光を透過し共振器長に影響を与える波長変換素子が温度制御機構と共にまたは電気光学効果をもつ透過型構造体として設けられ、前記制御信号によってその温度または電圧印加を制御することにより波長変換素子の実効的な共振器長を制御し、安定して高調波を発振できるようにしたものである。

【0011】本発明のレーザ装置は上記のように構成されており、レーザ共振器の出力側にビームサンブラが設けられ、出力光の一部がサンプリングされ、サンプリングされた出力光がレーザ媒質で発振可能な中心波長の波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスフィルタの干渉フィルタによって、一部が透過され残りが反射されて 2 光束に分離され各光検出器に入力され、各光検出器からの信号がアンプで増幅され、両信号が演算回路に入力されて制御信号が出力さ

5
れる。その制御信号によって、半導体レーザを駆動するレーザダイオードドライバが制御され、半導体レーザの出力が増減し固体レーザ媒質による共振器からのレーザ出力が安定する。また、共振器の共振器長に影響を与える構造体に設けられた温度制御機構が制御され、構造体及びそれに取付けられた光学素子が温度制御されて実効的な共振器長変化がなくなり、波長シフトが抑制又は阻止され、発振波長の安定制御が行なわれる。また、共振器内に電気光学効果を有する透過型構造体が設けられ、電圧を印加することにより共振器長を制御し発振波長を安定化することができる。また、共振器内または共振器外に波長変換素子が設けられ、高調波を安定して発振することができる。また、共振器内に波長変換素子が温度制御機構と共に、または電気光学効果をもつ透過型構造体として設けられ、その温度制御または電圧印加によって波長変換素子の実効的な共振器長を制御し、安定して高調波を発振することができる。このように、共振器からの出力光の一部がサンプリングされ、透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスフィルタによって透過と反射の2光束に分離され両アンプに入力され、演算回路によってレーザ出力光の出力増減と波長シフトが検出され、その制御信号が帰還されて、半導体レーザのレーザダイオードドライバを制御しレーザ出力が一定にされ、一方、その制御信号によって、共振器の温度制御機構が制御され、温度が一定にされて波長シフトがないように安定化させることができる。また、共振器内で波長変換素子が温度制御機構と共にまたは電気光学効果をもつ透過型構造体として、温度制御または電圧印加によって波長変換素子の実効的な共振器長を制御し安定して高調波を発振できる。また、共振器外に波長変換素子が設けられ、高調波を安定して発振することができる。上記のような機構によって、レーザ発振波長がシフトしないように制御され、レーザ出力が安定して供給され、且つ、小型で取扱い易くすることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明のレーザ装置の一実施例を、図1、図2を参照しながら説明する。図1は本発明のレーザ装置の構成を示す図である。図2は本発明のレーザ装置に用いられる干渉フィルタの発振波長に対する透過率を示す図である。本レーザ装置は、励起光(809nm)を出力する半導体レーザ1と、その半導体レーザ1を演算回路11からの制御信号によって駆動するレーザダイオードドライバ13と、半導体レーザ1からの励起光を共振器内に設けられた固体レーザ媒質3の面3aに集光する集光レンズ2と、励起光によって励起され共振器内でレーザ発振(基本波:946nm)する固体レーザ媒質3(例えば、Nd:YAG結晶等)と、共振器を形成するミラーコーティングされた面5aを有する出力ミラー5と、固体レーザ媒質3及び出力ミラー5が取付けられた共振フレーム4と、その共振フレーム4に取

付けられ温度を検出する温度センサ16と温度調節するサーモモジュール15と、温度センサ16からの信号と演算回路12からの制御信号によってサーモモジュール15を制御し共振フレーム4を温度調節する温度コントローラ14と、出力光の一部をサンプリングするビームサンブラ6と、サンプリングされた出力光をレーザ媒質で発振可能な中心波長の波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta\lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスフィルタによって一部が透過され残りが反射されて2光束に分離する干渉フィルタ7と、干渉フィルタ7からの透過光及び反射光を検出する光検出器9及び光検出器8と、光検出器8、9からの信号を増幅するアンプ10a、10bと、両アンプ10a、10bからの信号が入力されレーザダイオードドライバ13及び温度コントローラ14に制御信号を出力する演算回路11及び演算回路12とから構成されている。

【0013】本レーザ装置は、環境温度が変化し、また、励起用の半導体レーザ1およびその励起光あるいは基本波などによる発熱によって、光学素子(固体レーザ媒質3、出力ミラー5など)及び共振フレーム4等が伸縮し、そして、光学素子の温度屈折率が変化して、共振器長の実効的作用長が変化し、発振波長がシフトし変換効率が低下するのを抑制するために、レーザ出力光の一部がサンプリングされ、レーザ媒質で発振可能な中心波長の波長範囲 $\lambda_0 \pm \delta\lambda$ に対し、透過率勾配の大きなバンドパスの干渉フィルタによって一部が透過され、残りが反射されて2光束に分離され、演算回路11、12によってレーザ出力の増減、レーザ発振波長のシフトを検出し、その信号を半導体レーザ1のレーザダイオードドライバ13および共振器を温度制御する温度コントローラ14に帰還入力して、レーザ出力を一定に保ち、レーザ発振波長のシフトを抑制して、レーザ出力の安定化を図るものである。

【0014】次に本レーザ装置の動作について説明する。本レーザ装置は半導体レーザ励起固体レーザであり、励起用の半導体レーザ1から放射される励起光は、集光レンズ2により固体レーザ媒質3を励起する。固体レーザ媒質3の集光レンズ側表面(面3a)には、励起光波長が透過し固体レーザ媒質3で発振するレーザ光波長は反射する結合ミラーコーティングが施され、出力ミラー5の表面(面5a)に施された固体レーザ媒質3で発振するレーザ光を部分透過するミラーコーティングと

40
の間で共振器が形成され、この共振器は金属製の共振フレーム4で支持されている。共振フレーム4には温度センサ16とサーモモジュール15が取付けられており、温度コントローラ14によって共振フレーム4の温度は任意にコントロールすることができる。出力ミラー5から放射されたレーザ光はビームサンブラ6で、その一部を干渉フィルタ7に導かれ、干渉フィルタ7で2光束に分割され、それぞれの光束が光検出器8、9に入射しア

50

ンプ10a、アンプ10bにより、2光束の強度が有効な電圧信号として取り出される。固体レーザ媒質3で発振可能な波長範囲を $\lambda_0 \pm \delta\lambda$ とし、この波長と干渉フィルタ7の透過率との関係を図2に示す。横軸は波長を示し急峻な山形波形は干渉フィルタ7の透過率特性を示し、固体レーザ媒質3の中心発振波長が λ_0 でその透過率が T_0 になる干渉フィルタ7の急峻な透過率勾配の部分が用いられる。そして、発振波長が λ_0 から $+\delta\lambda$ だけずれると、透過率は $T_0 + dT$ となり、また、 $-\delta\lambda$ だけずれると、透過率は $T_0 - dT$ となる。この波長範囲でのフィルタ透過率は直線近似が成立し、吸収・散乱などが無視できるとすると、干渉フィルタ7の透過側の光検出器9及びアンプ10b、反射側の光検出器8およびアンプ10aで得られる信号 V_t 、 V_r は、ビームサンプラ6でサンプリングされたレーザ光の光強度を I_0 とし、その瞬間の発振波長を $\lambda_0 + d\lambda$ とすると、 $V_t \propto (T_0 + \delta T \times d\lambda) \times I_0$ 、 $V_r \propto \{1 - (T_0 + \delta T \times d\lambda)\} \times I_0$ と表すことができる。(ここで、 $\delta T = dT / \delta\lambda$ である。)

演算回路11では、両信号の和をとり、 $I_0 \times$ (光検出器8、9の量子効率とアンプ10a、10bの増幅率) なる値を算出し、この値を基にレーザ出力が一定になるようにレーザダイオードドライバ13を制御し、励起用の半導体レーザ1の出力をコントロールする。また、演算回路12では、2信号の差と和とを除算することで $(T_0 + \delta T \times d\lambda)$ を得ることができ、波長変化 $d\lambda$ を検出し、この値を基に温度コントローラ14で共振フレーム4の温度を変化させ共振フレーム4の熱膨張を利用して共振器長を調整することで発振波長をコントロールする。

【0015】図3に共振器内に電気光学効果を有する透過型構造体36を設けた本レーザ装置の他の実施例を示す。本レーザ装置は、共振器部分が図1に示す装置と同じ構成のもので、励起用の半導体レーザ1から放射される励起光は、集光レンズ2により固体レーザ媒質3を励起する。固体レーザ媒質3の集光レンズ側表面(面3a)には、励起光波長が透過し固体レーザ媒質3で発振するレーザ光波長は反射する結合ミラーコーティングが施され、出力ミラー5の表面(面5a)に施された固体レーザ媒質3で発振するレーザ光を部分透過するミラーコーティングとの間で共振器が形成され、この共振器は金属製の共振フレーム4で支持されている。そして、共振器内に物質に電界を印加するとその物質の屈折率が変化する電気光学効果を有する透過型構造体36が設けられている。この透過型構造体36に電圧コントローラ35から電圧を印加することで、屈折率が変化し、実効的な共振器長を変化させるものである。この電気光学効果を有するものには2種類有り、圧電結晶のように対称中心を持たない結晶では印加電界の1次に比例して屈折率が変化し(ポッケルス効果)、また、対称中心を持つ結

晶では2次に比例して変化する(カー効果)。顕著なポッケルス効果を示すものとして、KDP(KH_2PO_4)、DKDP(KH_2PO_4)、ADP($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、GaAs等の結晶がある。また、カー効果を示すものにニトロベンゼン、二硫化炭素などの液体がある。このうちポッケルス効果のほうが、線形で応答性が高く、動作電圧も低いためによく用いられる。共振フレーム4には温度センサ16とサーモモジュール15が取付けられており、温度コントローラ14によって共振フレーム4の温度は任意にコントロールすることができる。また、本レーザ装置はビームサンプラ6以降の動作も図1に示す装置に、演算回路34と電圧コントローラ35を付加したもので、干渉フィルタ7の透過側の光検出器9及びアンプ10b、反射側の光検出器8およびアンプ10aで得られる信号 V_t 、 V_r は、ビームサンプラ6でサンプリングされたレーザ光の光強度を I_0 とし、その瞬間の発振波長を $\lambda_0 + d\lambda$ とすると、 $V_t \propto (T_0 + \delta T \times d\lambda) \times I_0$ 、 $V_r \propto \{1 - (T_0 + \delta T \times d\lambda)\} \times I_0$ と表すことができる。(ここで、 $\delta T = dT / \delta\lambda$ である。)

演算回路34では、差動アンプにより両信号の和をとり、 $I_0 \times$ (光検出器8、9の量子効率とアンプ10a、10bの増幅率) なる値を算出し、この値を基に電圧コントローラ35を制御し、透過型構造体36の屈折率を変化させ、実効的な共振器長を変えて共振波長のシフトによるレーザ出力の増減をコントロールする。

【0016】図4に、共振器外に波長変換素子17を設けた本レーザ装置の他の実施例を示す。本レーザ装置は、共振器部分が図1に示す装置と同じ構成のもので、励起用の半導体レーザ1から放射される励起光は、集光レンズ2により固体レーザ媒質3を励起する。固体レーザ媒質3の集光レンズ側表面(面3a)には、励起光波長が透過し固体レーザ媒質3で発振するレーザ光波長は反射する結合ミラーコーティングが施され、出力ミラー5の表面(面5a)に施された固体レーザ媒質3で発振するレーザ光を部分透過するミラーコーティングとの間で共振器が形成され、この共振器は金属製の共振フレーム4で支持されている。共振フレーム4には温度センサ16とサーモモジュール15が取付けられており、温度コントローラ14によって共振フレーム4の温度は任意にコントロールすることができる。出力ミラー5から放射されたレーザ光は、波長変換素子17を通すことで、より短波長の高調波を生成する。また、波長変換素子17の温度許容幅が十分に広くない場合には、波長変換素子17も温度制御されることになる。これらの2つの光束(基本波と高調波)は基本波カットフィルタ18で高調波のみ透過させた後、ビームサンプラ6で、その一部を干渉フィルタ7に導き、干渉フィルタ7で2光束に分割し、それぞれの光束が光検出器8、9に入射しアンプ

10a、10bにより2光束の強度が有効な電圧信号として取り出される。また、本レーザ装置はビームサンプラ6以降の動作も図1に示す装置と同じもので、干渉フィルタ7の透過側の光検出器9及びアンプ10b、反射側の光検出器8およびアンプ10aで得られる信号 V_t 、 V_r は、ビームサンプラ6でサンプリグされたレーザ光の光強度を I_o とし、その瞬間の発振波長を $\lambda_o + d\lambda$ とすると、 $V_t \propto (T_o + \delta T \times d\lambda) \times I_o$ 、 $V_r \propto \{1 - (T_o + \delta T \times d\lambda)\} \times I_o$ と表すことができる。(ここで、 $\delta T = dT / d\lambda$ である。)

演算回路11では、差動アンプにより両信号の和を取り、 $I_o \times$ (光検出器8、9の量子効率とアンプ10a、10bの増幅率)なる値を算出し、この値を基にレーザ出力が一定になるようにレーザダイオードドライバ13を制御し励起用の半導体レーザ1の出力をコントロールする。また、演算回路12では、2信号の差と和とを除算することで $2(T_o + \delta T \times d\lambda)$ を得ることができ、波長変化 $d\lambda$ を検出し、この値を基に温度コントローラ14で共振フレーム4の温度を変化させ共振フレーム4の熱膨張を利用して共振器長を調整することで発振波長をコントロールし、波長変換素子17を挿入して安定した高調波を出力することができる。

【0017】上記の実施例ではレーザ装置として半導体レーザ励起固体レーザについて説明しているが、レーザ装置であれば出力光の一部をサンプリグでき、発振可能な波長範囲 $\lambda_o \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有する干渉フィルタを用いて、レーザ出力と発振波長のシフトを検出することができ、その信号を帰還することにより安定した出力を得ることができる。また、上記の実施例では波長変換素子を共振器外に設けたが、共振器内に波長変換素子を設けたレーザ装置にも本発明を適用することができる。

【0018】

【発明の効果】本発明のレーザ装置は上記のように構成されており、出力光の一部がサンプリグされ、レーザ媒質で発振可能な波長範囲 $\lambda_o \pm \delta \lambda$ に対し透過率勾配の大きな波長帯域を有するバンドパスの干渉フィルタによって、透過光と反射光の2光束に分離され、両光検出器の信号が演算回路に入力され、その出力信号が帰還されて、共振器からのレーザ出力が制御され安定化される。そして、共振器に設けられた温度制御機構が制御され実効的な共振器長変化をなくして、発振波長の安定制御が行なわれる。また、共振器内に電気光学効果を有する透過型構造体に電圧を印加して共振器長を制御し発振

波長を安定化することもできる。上記のように簡単な構成でレーザ装置の発振波長の変化を検出できるため、装置のコンパクトさを損なわずレーザ発振波長の安定化が可能となる。さらに、波長変換レーザでは発振波長変化による変換効率低下を防ぎ高効率で出力安定度の高いレーザ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のレーザ装置の一実施例を示す図である。

10 【図2】 発振波長と干渉フィルタの透過率との関係を示す図である。

【図3】 本発明のレーザ装置の他の実施例を示す図である。

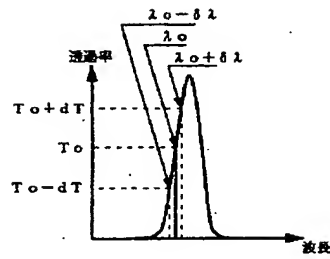
【図4】 本発明のレーザ装置の他の実施例を示す図である。

【図5】 従来のレーザ装置の概略構成を示す図である。

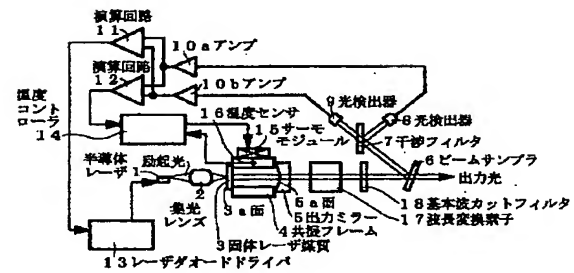
【符号の説明】

- 1、21…半導体レーザ
- 2、22…集光レンズ
- 3、23…固体レーザ媒質
- 3a、5a、23a、25a…面
- 4…共振フレーム
- 5、25…出力ミラー
- 6…ビームサンプラ
- 7…干渉フィルタ
- 8、9…光検出器
- 10a、10b…アンプ
- 11、12、34…演算回路
- 13…レーザダイオードドライバ
- 14…温度コントローラ
- 15…サーモモジュール
- 16…温度センサ
- 17…波長変換素子
- 18…基本波カットフィルタ
- 24、29…ホルダ
- 27…非線形光学結晶
- 30…エタロン
- 31…基準板
- 32…ベルチェ素子
- 33…ヒートシンク
- 35…電圧コントローラ
- 36…透過型構造体

【図 2】



【圖 4】



(Nd:YAG結晶) 27非線形光学結晶
22 準光レンズ
23 面
25 出力ミラー
26 出力光
29 ホルダ
31 基板
32 パルチエ素子
33 ヒートシンク

フロントページの続き

F ターム(参考) 2K002 AB12 BA03 EA30 HA20
5F072 AB02 AB20 HH02 HH05 HH06
JJ05 JJ09 KK06 KK12 PP07
QQ02 RR03 SS01 TT16 TT28